

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10115290 A**(43) Date of publication of application: **06.05.98**

(51) Int. Cl.

**F04B 49/06**  
**F04B 35/04**(21) Application number: **08268446**(22) Date of filing: **09.10.96**

(71) Applicant

**SANYO ELECTRIC CO LTD**

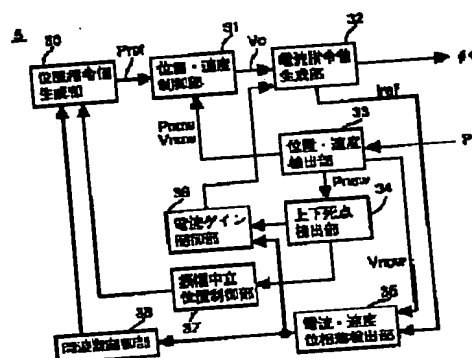
(72) Inventor:

**MATSUMURA SHINICHI**  
**TAKAOKA DAIZO****(54) DRIVING GEAR FOR LINEAR COMPRESSOR****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a driving gear for a linear compressor which can prevent a piston head from colliding against a cylinder internal wall end part and obtain high efficiency.

**SOLUTION:** In a control device 5, when a phase difference between a current command value  $I_{ref}$  and a speed present value  $V_{now}$  exceeds a permissible value, a current gain  $G_i$  of the current command value  $I_{ref}$  is decreased by several %, after amplitude of a piston is once decreased, a frequency of a position command value  $P_{ref}$  is controlled so as to eliminate the phase difference. Efficiency is improved by frequency control, even when amplitude of the piston is increased, a piston head is prevented from colliding against a cylinder internal wall end part.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-115290

(43) 公開日 平成10年(1998) 5月6日

(51) Int.Cl.\*

F 0 4 B 49/06  
35/04

識別記号

3 4 1

F I

F 0 4 B 49/06  
35/04

3 4 1 G

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願平8-268446

(22) 出願日

平成8年(1996)10月9日

(71) 出願人

000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者

松村 新一

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

(72) 発明者

高岡 大造

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社内

(74) 代理人

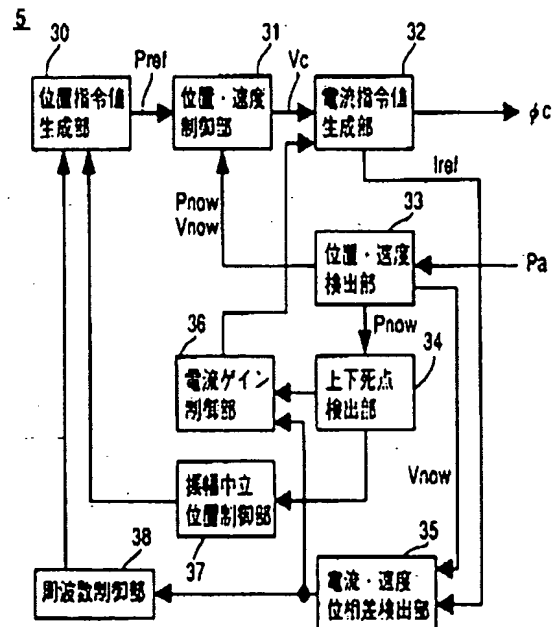
弁理士 深見 久郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 リニアコンプレッサの駆動装置

(57) 【要約】

【課題】 ピストンヘッドとシリンダ内壁端部の衝突を防止でき、かつ高い効率が得られるリニアコンプレッサの駆動装置を提供する。

【解決手段】 制御装置5は、電流指令値  $I_{ref}$  と速度現在値  $V_{now}$  の位相差が許容値を越えたとき、電流指令値  $I_{ref}$  の電流ゲイン  $G_i$  を数%減少させてピストンの振幅を一旦減少させた後、位相差がなくなるように位置指令値  $P_{ref}$  の周波数を制御する。周波数制御によって効率が改善されてピストンの振幅が増大しても、ピストンヘッドとシリンダ内壁端部が衝突することはない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、電流指令値に応じた駆動電流を前記リニアモータに出力する電源、

正弦関数に従って前記ピストンの前記シリンダ内における位置を指令する位置指令手段、前記ピストンの前記シリンダ内における位置を検出するための位置検出手段、

前記位置検出手段によって検出された位置が前記位置指令手段によって指令された位置に一致するように前記電流指令値を生成し前記電源に与える電流指令手段、前記ピストンの前記シリンダ内における速度を検出するための速度検出手段、

前記電流指令手段で生成された電流指令値と前記速度検出手段によって検出された速度を示す値との位相差を検出する位相差検出手段、および前記位相差検出手段によって検出された位相差が予め定められた許容値を越えたことに応じて、前記電流指令手段で生成される電流指令値および前記位置指令手段で用いられる前記正弦関数の振幅のうちの少なくとも一方を予め定められた割合に減少させるとともに、前記位相差がなくなるように前記正弦関数の周波数を制御する周波数制御手段を備える、リニアコンプレッサの駆動装置。

【請求項2】 リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、電流指令値に応じた駆動電流を前記リニアモータに出力する電源、

正弦関数に従って前記電流指令値を生成し前記電源に与える電流指令手段、

前記ピストンの前記シリンダ内における振幅を検出するための振幅検出手段、

前記ピストンの前記シリンダ内における速度を検出するための速度検出手段、

前記電流指令手段で生成された電流指令値と前記速度検出手段で検出された速度を示す値との位相差を検出する位相差検出手段、

前記振幅検出手段によって検出された振幅が予め定められた目標値に一致するように前記電流指令手段で用いられる前記正弦関数の振幅を制御する振幅制御手段、および前記位相差検出手段によって検出された位相差が予め定められた許容値を越えたことに応じて、前記電流指令手段で用いられる前記正弦関数の振幅を予め定められた割合に減少させるとともに、前記位相差がなくなるように前記正弦関数の周波数を制御する周波数制御手段を備える、リニアコンプレッサの駆動装置。

【請求項3】 リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレ

ッサの駆動装置であって、

電流指令値に応じた駆動電流を前記リニアモータに出力する電源、

正弦関数に従って前記ピストンの前記シリンダ内における位置を指令する位置指令手段、

前記ピストンの前記シリンダ内における位置を検出するための位置検出手段、

前記位置検出手段の検出結果に基づいて、前記ピストンの上死点と原点の間の上死点側振幅と前記ピストンの下死点と原点の間の下死点側振幅とを検出する振幅検出手段、

前記位置検出手段によって検出された位置が前記位置指令手段によって指令された位置に一致するように前記電流指令値を生成し前記電源に与える電流指令手段、および前記振幅検出手段によって検出された上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が予め定められた目標値に一致するように前記位置指令手段で用いられる前記正弦関数の振幅および前記電流指令手段で生成される電流指令値のうち少なくとも一方を制御する振幅制御手段を備える、リニアコンプレッサの駆動装置。

【請求項4】 リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、

電流指令値に応じた駆動電流を前記リニアモータに出力する電源、

正弦関数に従って前記電流指令値を生成し前記電源に与える電流指令手段、

前記ピストンの前記シリンダ内における位置を検出するための位置検出手段、

前記位置検出手段の検出結果に基づいて、前記ピストンの上死点と原点の間の上死点側振幅と前記ピストンの下死点と原点の間の下死点側振幅とを検出する振幅検出手段、および前記振幅検出手段によって検出された上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が予め定められた目標値に一致するように前記電流指令手段で用いられる前記正弦関数の振幅を制御する振幅制御手段を備える、リニアコンプレッサの駆動装置。

【請求項5】 リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、

電流指令値に応じた駆動電流を前記リニアモータに出力する電源、

正弦関数に従って前記ピストンの前記シリンダ内における位置を指令する位置指令手段、

前記ピストンの前記シリンダ内における位置を検出するための位置検出手段、

前記位置検出手段によって検出された位置が前記位置指令手段によって指令された位置に一致するように前記電流指令値を生成し前記電源に与える電流指令手段、

前記位置検出手段の検出結果に基づいて、前記ピストン

の中立点の原点からのシフト量を検出するシフト量検出手段、および前記シフト量検出手段によって検出されたシフト量がなくなるように前記位置指令手段で用いられる前記正弦関数のシフト量を制御するシフト量制御手段を備える、リニアコンプレッサの駆動装置。

【請求項6】 さらに、前記位置検出手段の検出結果に基づいて、前記ピストンの上死点と原点の間の上死点側振幅と前記ピストンの下死点と原点の間の下死点側振幅とを検出する振幅検出手段、および前記振幅検出手段によって検出された上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が予め定められた目標値に一致するように前記位置指令手段で用いられる前記正弦関数の振幅および前記電流指令手段で生成される電流指令値のうちの少なくとも一方を制御する振幅制御手段を備える、請求項5に記載のリニアコンプレッサの駆動装置。

【請求項7】 リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、電流指令値に応じた駆動電流を前記リニアモータに出力する電源、

正弦関数に従って前記電流指令値を生成し前記電源に与える電流指令手段、

前記ピストンの前記シリンダ内における位置を検出するための位置検出手段、

前記位置検出手段の検出結果に基づいて、前記ピストンの振幅を検出する振幅検出手段、

前記位置検出手段の検出結果に基づいて、前記ピストンの中立点の原点からのシフト量を検出するシフト量検出手段、

前記振幅検出手段によって検出された振幅が予め定められた目標値に一致するように前記電流指令手段で用いられる前記正弦関数の振幅を制御する振幅制御手段、および前記シフト量検出手段によって検出されたシフト量がなくなるように前記電流指令手段で用いられる前記正弦関数のシフト量を制御するシフト量制御手段を備える、リニアコンプレッサの駆動装置。

【請求項8】 前記振幅検出手段は、前記位置検出手段の検出結果に基づいて、前記ピストンの上死点と原点の間の上死点側振幅と前記ピストンの下死点と原点の間の下死点側振幅とを検出し、

前記振幅制御手段は、前記振幅検出手段によって検出された上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が予め定められた目標値に一致するように前記電流指令手段で用いられる前記正弦関数の振幅を制御する、請求項7に記載のリニアコンプレッサの駆動装置。

ニアコンプレッサの駆動装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、冷蔵庫のような冷却装置において膨張した冷媒ガスを圧縮する機構としてリニアコンプレッサの開発が進められている。このリニアコンプレッサでは、リニアモータによってシリンダ内でピストンが往復運動されガス圧縮が行なわれる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このようなリニアコンプレッサでは、リニアモータの駆動電流とピストンの速度との位相が一致しているとき高い効率を得られ、また、トップクリアランス（ピストンヘッドとシリンダ内壁端部の最近接距離）が最小値（0.1mm程度）に維持されている場合に最も高い効率を得られる。

【0004】そこで、リニアモータの駆動電流とピストンの速度との位相が一致するように駆動電流の周波数を制御することが考えられるが、トップクリアランスが小さく維持されている状態（たとえば0.1mm程度）で駆動電流の周波数を制御すると損失分が改善されてピストンの振幅が大きくなり、ピストンのヘッドがシリンダ内壁端部に衝突してしまうという問題がある。

【0005】また、トップクリアランスが最小値になるようにピストンの振幅を制御することが考えられるが、2ピストン型のリニアコンプレッサでは、ピストンの実際の中立点はバルブなどの非対称性により設計上の中立点（原点）から上死点または下死点側にずれる場合がある。このような場合、2つのピストンのトップクリアランスの双方を高い精度で制御することは困難となる。

【0006】それゆえに、この発明の主たる目的は、ピストンヘッドとシリンダ内壁端部の衝突を防止することが可能で、かつ高い効率を得られるリニアコンプレッサの駆動装置を提供することである。

【0007】また、この発明の他の目的は、2ピストン型リニアコンプレッサの2つのピストンのトップクリアランスの双方を精度よく制御できるリニアコンプレッサの駆動装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明は、リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、電源、位置指令手段、位置検出手段、電流指令手段、速度検出手段、位相差検出手段、および周波数制御手段を備える。電源は、電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに出力する。位置指令手段は、正弦関数に従ってピストンのシリンダ内における位置を指令する。位置検出手段は、ピストンのシリンダ内における位置を検出する。電流指令手段は、位置検出手段によって検出された位置が位置指令手段によって指令された位置に一致するように電流指令値を生成し電源に与える。速度検出手段は、ピストンのシリンダ内における速度を検

#### 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はリニアコンプレッサの駆動装置に関し、特に、リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリ

出する。位相差検出手段は、電流指令手段で生成された電流指令値と速度検出手段によって検出された速度を示す値との位相差を検出する。周波数制御手段は、位相差検出手段によって検出された位相差が予め定められた許容値を越えたことに応じて、電流指令手段で生成される電流指令値および位置指令手段で用いられる正弦関数の振幅のうちの少なくとも一方を予め定められた割合に減少させるとともに、位相差がなくなるように正弦関数の周波数を制御する。

【0009】請求項2に係る発明は、リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、電源、電流指令手段、振幅検出手段、速度検出手段、位相差検出手段、振幅制御手段、および周波数制御手段を備える。電源は、電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに出力する。電流指令手段は、正弦関数に従って電流指令値を生成し電源に与える。振幅検出手段は、ピストンのシリンダ内における振幅を検出する。速度検出手段は、ピストンのシリンダ内における速度を検出する。位相差検出手段は、電流指令手段で生成された電流指令値と速度検出手段で検出された速度を示す値との位相差を検出する。振幅制御手段は、振幅検出手段によって検出された振幅が予め定められた目標値に一致するように電流指令手段で用いられる正弦関数の振幅を制御する。周波数制御手段は、位相差検出手段によって検出された位相差が予め定められた許容値を越えたことに応じて、電流指令手段で用いられる正弦関数の振幅を予め定められた割合に減少させるとともに、位相差がなくなるように正弦関数の周波数を制御する。

【0010】請求項3に係る発明は、リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、電源、位置指令手段、位置検出手段、振幅検出手段、電流指令手段、および振幅制御手段を備える。電源は、電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに出力する。位置指令手段は、正弦関数に従ってピストンのシリンダ内における位置を指令する。位置検出手段は、ピストンのシリンダ内における位置を検出する。振幅検出手段は、位置検出手段の検出結果に基づいて、ピストンの上死点と原点の間の上死点側振幅とピストンの下死点と原点の間の下死点側振幅とを検出する。電流指令手段は、位置検出手段によって検出された位置が位置指令手段によって指令された位置に一致するように電流指令値を生成し電源に与える。振幅制御手段は、振幅検出手段によって検出された上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が予め定められた目標値に一致するように位置指令手段で用いられる正弦関数の振幅および電流指令手段で生成される電流指令値のうちの少なくとも一方を制御する。

【0011】請求項4に係る発明は、リニアモータによ

ってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、電源、電流指令手段、位置検出手段、振幅検出手段、および振幅制御手段を備える。電源は、電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに出力する。電流指令手段は、正弦関数に従って電流指令値を生成し電源に与える。位置検出手段は、ピストンのシリンダ内における位置を検出する。振幅検出手段は、位置検出手段の検出結果に基づいて、ピストンの上死点と原点の間の上死点側振幅とピストンの下死点と原点の間の下死点側振幅とを検出する。振幅制御手段は、振幅検出手段によって検出された上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が予め定められた目標値に一致するように電流指令手段で用いられる正弦関数の振幅を制御する。

【0012】請求項5に係る発明は、リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、電源、位置指令手段、位置検出手段、電流指令手段、シフト量検出手段、およびシフト量制御手段を備える。電源は、電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに出力する。位置指令手段は、正弦関数に従ってピストンのシリンダ内における位置を指令する。位置検出手段は、ピストンのシリンダ内における位置を検出する。電流指令手段は、位置検出手段によって検出された位置が位置指令手段によって指令された位置に一致するように電流指令値を生成し電源に与える。シフト量検出手段は、位置検出手段の検出結果に基づいて、ピストンの中立点の原点からのシフト量を検出する。シフト量制御手段は、シフト量検出手段によって検出されたシフト量がなくなるように位置指令手段で用いられる正弦関数のシフト量を制御する。

【0013】請求項6に係る発明では、請求項5に係る発明に振幅検出手段および振幅制御手段がさらに設けられる。振幅検出手段は、位置検出手段の検出結果に基づいて、ピストンの上死点と原点の間の上死点側振幅とピストンの下死点と原点の間の下死点側振幅とを検出する。振幅制御手段は、振幅検出手段によって検出された上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が予め定められた目標値に一致するように位置指令手段で用いられる正弦関数の振幅および電流指令手段で生成される電流指令値のうちの少なくとも一方を制御する。

【0014】請求項7に係る発明は、リニアモータによってシリンダ内でピストンを往復運動させ圧縮ガスを生成するリニアコンプレッサの駆動装置であって、電源、電流指令手段、位置検出手段、振幅検出手段、シフト量検出手段、振幅制御手段、およびシフト量制御手段を備える。電源は、電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに出力する。電流指令手段は、正弦関数に従って電流指令値を生成し電源に与える。位置検出手段は、ピス

トンのシリンダ内における位置を検出する。振幅検出手段は、位置検出手段の検出結果に基づいて、ピストンの振幅を検出する。シフト量検出手段は、位置検出手段の検出結果に基づいて、ピストンの中立点の原点からのシフト量を検出する。振幅制御手段は、振幅検出手段によって検出された振幅が予め定められた目標値に一致するように電流指令手段で用いられる正弦関数の振幅を制御する。シフト量制御手段は、シフト量検出手段によって検出されたシフト量がなくなるように電流指令手段で用いられる正弦関数のシフト量を制御する。

【0015】請求項8に係る発明では、請求項7に係る発明の振幅検出手段は、位置検出手段の検出結果に基づいて、ピストンの上死点と原点の間の上死点側振幅とピストンの下死点と原点の間の下死点側振幅とを検出し、振幅制御手段は、振幅検出手段によって検出された上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が予め定められた目標値に一致するように電流指令手段で用いられる正弦関数の振幅を制御する。

【0016】

【発明の実施の形態】

【実施の形態1】図1は、この発明の実施の形態1によるリニアコンプレッサ1の駆動装置2の構成を示すブロック図である。

【0017】図1において、この駆動装置2は、電源3、位置センサ4および制御装置5を含む。電源3は、リニアコンプレッサ1のリニアモータに駆動電流1を供給する。位置センサ4は、リニアコンプレッサ1のピストンの位置を直接または間接的に検出し、ピストンの位置に応じた電気信号Paを制御装置5に出力する。位置センサ4としては、たとえばレーザ変位計が用いられる。制御装置5は、位置センサ4の出力Paに応じた制御信号φcを電源3に出力し、電源3の出力電流Iを制御する。

【0018】図2は、リニアコンプレッサ1の構成を示す断面図である。図2において、このリニアコンプレッサ1は、円筒状のケーシング10の上端部および下端部にそれぞれ設けられた2つのシリンダ11a、11bと、シリンダ11a、11b内にそれぞれ嵌挿された2つのピストン12a、12bと、それぞれピストン12a、12bのヘッドとシリンダ11a、11bの内壁端部で形成された2つの圧縮室13a、13bと、それぞれ圧縮室13a、13b内のガス圧に応じて開閉する2組の吸込バルブ14a、14bおよび吐出バルブ15a、15bとを備える。

【0019】2つのピストン12a、12bはそれぞれ1本のシャフト16の一方端部および他方端部に設けられている。シャフト16は、2組のリニアボールベアリング17a、17bおよびコイルばね18a、18bによって、ケーシング10およびシリンダ11a、11b内を往復動自在に支持されている。

【0020】また、リニアコンプレッサ1は、シャフト16およびピストン12a、12bを往復動させるためのリニアモータ20を備える。リニアモータ20は、ボイスコイルモータであって、ヨーク部10aおよび永久磁石21を含む固定部と、コイル23および円筒状の支持部材24を含む可動部とを備える。ヨーク部10aは、ケーシング10の一部を構成している。永久磁石21は、ヨーク部10aの内周壁に設けられる。支持部材24の一方端部は永久磁石21とシリンダ11bの外周壁の間に往復動自在に挿入され、その他方端部はシャフト16の中央部に固定される。コイル23は、支持部材の一方端部において永久磁石21に対向して設けられる。電源3とコイル23は、コイルばね状の電線25を介して接続される。

【0021】このリニアコンプレッサ1は、ピストン12a、12b、シャフト16、コイル23および支持部材24の重量、圧縮室13a、13bのガスのばね定数、コイルばね18a、18bのばね定数などから定まる共振周波数を有する。共振周波数は、通常、商用電力の周波数（たとえば60Hz）付近に設定される。この共振周波数でリニアモータ20を駆動させることにより、上下2つの圧縮室13a、13bで圧縮ガスを高効率で生成できる。

【0022】図3は、図1で示した制御装置5の主要部の構成を示すブロック図である。図3において、この制御装置5は、位置指令値生成部30、位置・速度制御部31、電流指令値生成部32、位置・速度検出部33、上下死点検出部34、電流・速度位相差検出部35、電流ゲイン制御部36、振幅中立位置制御部37、および周波数制御部38を含む。

【0023】位置・速度検出部33は、ピストン12a、12bの振動周期に比べて十分に小さなサンプリング周期（たとえば150μsec）で位置センサ4の出力Paをサンプリングし、サンプリング値をA/D変換して位置現在値Pnowを生成するとともに、位置現在値Pnowを微分して速度現在値Vnowを求める。

【0024】上下死点検出部34は、位置・速度検出部33で生成された位置現在値Pnowの最大値および最小値に基づいて、ピストン12a、12bの上死点と原点の間の上死点側振幅および下死点と原点の間の下死点側振幅を検出する。上死点側振幅および下死点側振幅の検出は、位置指令値Prefの1サイクルが終了することすなわち位置指令値Prefがゼロクロス点を通過することに行なわれる。

【0025】電流・速度位相差検出部35は、位置・速度検出部33で生成された速度現在値Vnowと電流指令値生成部32で生成された電流指令値Irefとの位相差を検出する。位相差の検出は、位置現在値Pnowの1サイクルが終了することすなわち位置現在値Pnowがゼロクロス点を通過することに行なわれる。

【0026】位置指令値生成部30は、メモリに格納されたサインテーブルと、振幅Aと、角周波数 $\omega$ と、シフト量Bと、式 $P_{ref} = A \sin \omega t + B$ （正弦関数）とに基づいて位置指令値 $P_{ref}$ を生成し、生成した位置指令値 $P_{ref}$ を位置・速度制御部31に与える。

【0027】位置・速度制御部31は、位置指令値生成部30で生成された位置指令値 $P_{ref}$ と位置・速度検出部33で生成された位置現在値 $P_{now}$ との偏差 $P_{ref} - P_{now}$ に基づいて速度指令値 $V_{ref}$ を生成し、さらに速度指令値 $V_{ref}$ と位置・速度検出部33で生成された速度現在値 $V_{now}$ との偏差 $V_{ref} - V_{now}$ に基づいて速度制御値 $V_c$ を生成する。

【0028】電流指令値生成部32は、位置・速度制御部31で生成された速度制御値 $V_c$ と、電流ゲイン $G_i$ と、式 $I_{ref} = G_i V_c$ とに基づいて電流指令値 $I_{ref}$ を生成し、さらに電流指令値 $I_{ref}$ を制御信号 $\phi_c$ に変換して電源3に与える。電源3の出力電流 $I$ の制御は、たとえばPWM方式あるいはPAM方式で行なわれる。

【0029】電流ゲイン制御部36は、上下死点検出部34で検出された上死点側振幅および下死点側振幅を比較し、上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方を最大振幅現在値 $A_{now}$ とし、この最大振幅現在値 $A_{now}$ が予め定められた最大振幅目標値 $A_{ref}$ に一致するように電流指令値生成部32で用いられる電流ゲイン $G_i$ の値をピストン12a、12bの振動の1サイクルごとに制御する。また、電流ゲイン制御部36は、ピストン12a、12bの振動の数（たとえば300）サイクルに1回、電流・速度位相差検出部35で検出された位相差が予め定められた許容値を越えているかどうかを判別し、越えている場合は電流指令値生成部32で用いられる電流ゲイン $G_i$ の値を数%減少させる。このように位置・速度制御部31による位置・速度制御に加えて最大振幅の制御を行ない、かつ周波数制御に先立って電流ゲイン $G_i$ を数%減少させることにより、ピストン12a、12bのヘッドとシリンダ11a、11bの内壁端部との衝突を確実に回避することができる。

【0030】振幅中立位置制御部37は、上下死点検出部34で検出された上死点側振幅および下死点側振幅を比較し、上死点側振幅と下死点側振幅の差が小さくなるように位置指令値生成部30で用いられるシフト量Bを位置指令値 $P_{ref}$ の1サイクルが終了することに制御する。すなわち振幅中立位置制御部37は、上死点側振幅の方が下死点側振幅よりも大きい場合はシフト量Bを負側（下方向）に補正し、上死点側振幅の方が下死点側振幅よりも小さい場合はシフト量Bを正側（上方向）に補正する。通常シフト量Bはバルブの非対称性等の装置の特性によりほぼ一定になるため、シフト量Bの1回あたりの制御量は小さな値（たとえば $1 \mu m$ ）に設定され

ている。このようにシフト量Bを制御することにより、2つのピストン12a、12bのトップクリアランスを同等に精度よく制御することができる。

【0031】周波数制御部38は、電流・速度位相差検出部35によって検出された位相差が予め定められた許容値を越えているかどうかを判別し、越えている場合は位相差がなくなるように位置指令値生成部30で用いられる角周波数 $\omega$ を補正する。位相差の補正は、電流ゲイン制御部36によって電流ゲイン $G_i$ を数%減少するのとほぼ同時に行なわれる。これにより、位相差の補正によって効率が改善され、ピストン12a、12bの振幅が大きくなってピストン12a、12bのヘッドがシリンダ11a、11bの内壁端部に衝突することが防止される。

【0032】図4および図5は、図3で示した制御装置5の動作を示すフローチャートである。このフローチャートに従って、図1～図3で示したリニアコンプレッサ1およびその駆動装置2の動作について説明する。

【0033】まず位置指令値生成部30で位置指令値 $P_{ref}$ が生成され、位置・速度制御部31で速度制御値 $V_c$ が生成され、電流指令値生成部32で制御信号 $\phi_c$ が生成される。電源3からリニアモータ20のコイル23に電流が供給されると、リニアモータ24の可動部が往復運動を開始し、これによって圧縮ガスの生成が開始される。

【0034】ステップS1において位置・速度検出部33によって位置データすなわち位置センサ4の出力 $P_a$ の読込が行なわれ、ステップS2において位置・速度検出部33によって位置現在値 $P_{now}$ および速度現在値 $V_{now}$ が算出される。

【0035】ステップS3において、位置・速度制御部31によって速度制御が行なわれる。すなわち、位置・速度制御部31は、速度指令値 $V_{ref}$ と速度現在値 $V_{now}$ との偏差に基づいて速度制御値 $V_c$ を生成し電流指令値生成部32に与える。

【0036】ステップS4において電流指令値生成部32によって速度制御値 $V_c$ と電流ゲイン $G_i$ の積である電流指令値 $I_{ref}$ が生成され、ステップS5において電流指令値生成部32から電流指令値 $I_{ref}$ に応じた電流指令データすなわち制御信号 $\phi_c$ が電源3に出力される。

【0037】ステップS6において制御装置5に含まれる第1カウンタ（図示せず）のカウント値がインクリメント（+1）され、ステップS7において第1カウンタのカウント値が設定値（たとえば3）に到達したか否かが判別される。

【0038】ステップS7において第1カウンタのカウント値が設定値に到達していた場合は、ステップS8で位置指令値生成部30において位置補正量および周波数設定値に基づいて振幅Aおよび角周波数 $\omega$ が生成され、

さらに、サインテーブル、振幅A、シフト量Bおよび角周波数 $\omega$ に基づいて位置指令値 $P_{ref} = A \sin \omega t + B$ が生成される。ステップS9において位置・速度制御部31によって位置制御が行なわれる。すなわち位置・速度制御部31は、位置指令値 $P_{ref}$ と位置現在値 $P_{now}$ の偏差に基づいて速度指令値 $V_{ref}$ を生成する。位置制御が終了した後ステップS10において第1カウンタのカウンタ値がリセットされる。

【0039】ステップS7において第1カウンタのカウンタ値が設定値に到達していない場合は、ステップS8～S10は実行されない。

【0040】次いでステップS11において位置指令値 $P_{ref}$ の1サイクルが終了したか否かが判別される。

【0041】ステップS11において位置指令値 $P_{ref}$ の1サイクルが終了したと判別した場合は、ステップS12において上下死点検出部34によって位置現在値 $P_{now}$ の最大値および最小値に基づいてピストン12a、12bの上死点側振幅および下死点側振幅が検出される。

【0042】ステップS13において上死点側振幅と下死点側振幅の大小関係が比較され、上死点側振幅の方が下死点側振幅よりも大きい場合は、ステップS14で振幅中立位置制御部37によってシフト量Bの補正量として負の補正量が設定され、ステップS15で最大振幅現在値 $A_{now}$ として上死点側振幅が設定される。

【0043】ステップS13における大小比較の結果、下死点側振幅の方が上死点側振幅よりも大きい場合は、ステップS16で振幅中立位置制御部37によってシフト量Bの補正量として正の補正量が設定され、ステップS17で最大振幅現在値 $A_{now}$ として下死点側振幅が設定される。

【0044】ステップS18において電流ゲイン制御部36によって最大振幅現在値 $A_{now}$ が最大振幅目標値 $A_{ref}$ に一致するように電流ゲイン $G_i$ が制御・設定された後、ステップS19で上下死点検出部34において位置現在値 $P_{now}$ の最大値および最小値がリセットされる。

【0045】ステップS11において位置指令値 $P_{ref}$ の1サイクルが終了したと判別した場合は、ステップS12～S19は実行されない。

【0046】次いでステップS20で上死点検出部34において位置現在値 $P_{now}$ の最大値および最小値の検出・保持が行なわれる。ステップS21で電流・速度位相差検出部35によって位置現在値 $P_{now}$ の1サイクルが終了したか否かが判別される。

【0047】ステップS21で位置現在値 $P_{now}$ の1サイクルが終了したと判別された場合は、ステップS22において電流・速度位相差検出部35によって電流指令値 $I_{ref}$ と速度現在値 $V_{now}$ の位相差が検出される。

【0048】次に、ステップS23において第2カウンタ（図示せず）のカウンタ値がインクリメントされ、ステップS24において第2カウンタのカウンタ値が設定値（300）に到達したか否かが判別される。

【0049】ステップS24において第2カウンタのカウンタ値が設定値に到達したと判別された場合は、ステップS25において電流指令値 $I_{ref}$ と速度現在値 $V_{now}$ の位相差が許容値以内か否かが判別される。

【0050】ステップS25において許容値以内でないと判別された場合は、ステップS26において周波数制御部38によって位置指令値 $P_{ref}$ の周波数の制御・設定が行なわれ、ステップS27において電流ゲイン制御部36によって電流指令値 $I_{ref}$ の電流ゲイン $G_i$ が数%削減される。

【0051】ステップS25において位相差が許容値以内であると判別された場合は、ステップS26、S27は実行されない。

【0052】次いでステップS28において第2カウンタのカウンタ値がリセットされる。ステップS21において位置現在値 $P_{now}$ の1サイクルが終了していないと判別された場合は、ステップS22～S28は実行されない。ステップS24において第2カウンタのカウンタ値が設定値に到達していないと判別された場合は、ステップS25～S28は実行されない。

【0053】次いでステップS29において制御が終了したか否かが判別され、終了したと判別された場合は制御が終了し、終了していないと判別された場合は再びステップS1に戻る。

【0054】この実施の形態では、電流指令値 $I_{ref}$ と速度現在値 $V_{now}$ の位相差がなくなるように位置指令値 $P_{ref}$ の周波数を制御するときに、電流指令値 $I_{ref} = G_i V_c$ の電流ゲイン $G_i$ を数%削減する。したがって、位置指令値 $P_{ref}$ の周波数の制御により損失分が改善されてピストン12a、12bの振幅が増大しても、ピストン12a、12bのヘッドがシリンダ11a、11bの内壁端部に衝突することはない。

【0055】また、ピストン12a、12bの上死点側振幅と下死点側振幅のいずれか大きい方が最大振幅目標値 $A_{ref}$ に位置するように電流指令値 $I_{ref}$ の電流ゲイン $G_i$ を制御するので、ピストン12a、12bの実際の中立点が設計上の中立点（原点）からずれても、ピストン12a、12bのヘッドがシリンダ11a、11bの内壁端部に衝突することがない。

【0056】また、ピストン12a、12bの実際の中立点の原点からのシフト量Bを検出し、そのシフト量Bがなくなるように位置指令値 $P_{ref}$ のシフト量Bを制御するので、2つのピストン12a、12bのヘッドクリアランスの双方を同等に精度よく制御できる。

【0057】なお、この実施の形態では、電流・速度位相差検出部35において電流指令値 $I_{ref}$ と速度現在



値Vnowの位相差を検出し、この位相差がなくなるように位置指令値Prefの周波数を制御したが、これに限るものではなく、電流指令値Prefと位置現在値Pnowの位相差を検出し、この位相差が90°になるように位置指令値Prefの周波数を制御してもよい。

【0058】【実施の形態2】図6は、この発明の実施の形態2によるリニアコンプレッサの駆動装置の構成を示すブロック図である。

【0059】図6において、このリニアコンプレッサの駆動装置が実施の形態1と異なる点は、制御装置5が制御装置40で置換され、電流指令値Irefの電流ゲインGiの代わりに位置指令値Prefの振幅Aが制御される点である。

【0060】制御装置40は、制御装置5の電流ゲイン制御部36を位置指令値振幅制御部41で置換したものである。位置指令値振幅制御部41は、上下死点検出部34で検出された上死点側振幅および下死点側振幅を比較し、上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方を最大振幅現在値Anowとし、この最大振幅現在値Anowが予め定められた最大振幅目標値Arefに一致するように位置指令値生成部30で用いられる振幅Aの値をピストン12a、12bの振動の1サイクルごとに制御する。また、位置指令値振幅制御部41は、ピストン12a、12bの振動の数回（たとえば300）サイクルに1回、電流・速度位相差検出部35で検出された位相差が予め定められた許容値を越えているかどうかを判別し、越えている場合は位置指令値生成部30で用いられる振幅Aの値を数%減少させる。

【0061】図7および図8は、図6で示したリニアコンプレッサの駆動装置の動作を示すフローチャートである。

【0062】図7および図8において、このフローチャートが図4および図5のフローチャートと異なる点は、ステップS4、S8、S18、S27の代わりにそれぞれステップS4'、S8'、S18'、S27'が実行される点である。

【0063】すなわちステップS4'において、電流指令値生成部32によって速度制御値Vcと電流ゲインGiの積である電流指令値Irefが算出される。この電流ゲインGiは定数である。ステップS8'において、位置指令値生成部30によって位置指令値Pref=A sin ωt+Bが生成される。ここで振幅A、角周波数ωおよびシフト量Bのそれぞれが変数となる。

【0064】ステップS18'において、位置指令値振幅制御部41によってピストン12a、12bの最大振幅現在値Anowが最大振幅目標値Arefに一致するように位置指令値Prefの振幅Aが制御・設定される。ステップS27'において、位置指令値振幅制御部41によって位置指令値Prefの振幅Aが数%削減される。他の構成および動作は実施の形態1と同じである。

ので、その説明は繰返さない。

【0065】この実施の形態でも、実施の形態1と同じ効果が得られる。

【実施の形態3】図9は、この発明の実施の形態3によるリニアコンプレッサの駆動装置の構成を示すブロック図である。

【0066】図9において、このリニアコンプレッサの駆動装置が実施の形態1と異なる点は、制御装置5が制御装置42で置換され、構成の単純化が図られている点である。

【0067】制御装置42は、制御装置5の位置・速度制御部32を除去し、位置指令値生成部30を電流指令値基本値生成部43で置換したものである。電流指令値基本生成部43は、メモリに格納されたサインテーブルと、振幅A'と、角周波数ω'と、シフト量B'と、式Ic=A' sin ω' t+B'（正弦関数）とに基づいて電流基本値Icを生成し、生成した電流基本値Icを電流指令値生成部32に与える。

【0068】電流指令値生成部32は、電流指令値基本値生成部43で生成された電流基本値Icと、電流ゲインGiと、式Iref=GiIcとに基づいて電流指令値Irefを生成し、さらに電流指令値Irefを制御信号φcに変換して電源3に与える。

【0069】振幅中立位置制御部37は位置指令値Prefのシフト量Bの代わりに電流基本値Icのシフト量B'を制御し、周波数制御部38は位置指令値Prefの周波数の代わりに電流基本値Icの周波数を制御する。

【0070】図10および図11は、図9で示したリニアモータの駆動装置の動作を示すタイムチャートである。

【0071】ステップS31において位置・速度検出部33によって位置データすなわち位置センサ4の出力Paの読込が行なわれ、ステップS32において位置・速度検出部33によって位置現在値Pnowおよび速度現在値Vnowが算出される。

【0072】ステップS33において電流指令値生成部32によって電流基本値Icと電流ゲインGiの積である電流指令値Irefが生成され、ステップS34において電流指令値生成部32から電流指令値Irefに応じた電流指令データすなわち制御信号φcが電源3に出力される。

【0073】次にステップS35で、電流指令値基本値生成部43において位置補正量および周波数設定値に基づいて振幅A'および角周波数ω'が生成され、さらにサインテーブル、振幅A'、シフト量B'および角周波数ω'に基づいて電流基本値Ic=A' sin ω' t+B'が生成される。

【0074】以下ステップS36～S54は、図4および図5で示したステップS11～S29と同様であるの

で、その説明は繰返さない。

【0075】この実施の形態では、実施の形態1と同じ効果が得られる他、制御装置の構成の単純化が図られる。

【0076】なお、この実施の形態では、この発明が2ピストン型のリニアコンプレッサ1に適用された例を示したが、この発明のうち周波数を制御するときに振幅を一旦減少させるものは、1ピストン型のリニアコンプレッサに対しても有効である。

【0077】図12は、1ピストン型リニアコンプレッサ50の構成を示す断面図である。図12において、このリニアコンプレッサ50は、シリンダ51と、シリンダ51内に往復動自在に嵌挿されたピストン52と、ピストン52のヘッドとシリンダ51の内壁端部で形成された圧縮室53と、圧縮室53のガス圧に応じて開閉する吸込バルブ54および吐出バルブ50とを備えている。また、このリニアコンプレッサ50は、ピストン52を往復動させるためのリニアモータ56と、ピストン52を往復動自在に支持するためのピストンばね61とを備える。リニアモータ56は、円筒状のヨーク部57と、巻回されたコイルを有する固定子58、59と、円筒状の永久磁石を有する可動体60とを含む。ヨーク部57は、シリンダ51と同心に設けられ、その一端はシリンダ51の一端に接合される。固定子58はシリンダ51の外周壁に設けられ、固定子59はヨーク部57の内周壁に設けられる。可動体60は、固定子58と59の間に往復動自在に挿入され、その一端はピストン52の一端に接合される。ピストンばね61の周辺部はヨーク部57の他端面に固定され、その中央部はピストン52の一端に固定される。

【0078】ピストン52は、ピストン52および可動体60の重量、圧縮室53のガスの圧力変動に基づくガスばねのばね定数、ピストンばね61のばね定数などから定まる共振周波数を有する。リニアモータ56の固定子58、59のコイルには、電源3から共振周波数の駆動電流Iが供給される。

【0079】なお、これらの部品51～61は、防音・防振のためマウントばね62を介してケーシング63内に収容される。

【0080】電源3からリニアモータ56の固定子58、59のコイルに駆動電流Iが供給されると、可動体60の永久磁石に電磁力が作用し、可動体60およびピストン52が往復動する。このピストン52の往復動により、膨張ガスが吸込バルブ54を介して圧縮室53内に吸込まれ、圧縮室53内で生成された圧縮ガスが突出バルブ55を介して吐出される。

【0081】

【発明の効果】以上のように、請求項1に係る発明では、位置指令手段が正弦関数に従ってピストンの位置を指令し、位置検出値が位置指令値に一致するように電流

指令手段が電流指令値を生成し、電源は電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに出力する。そして、周波数制御手段は、電流指令値とピストン速度の位相差が許容値を越えたとき、電流指令値および正弦関数のうちの少なくとも一方を予め定められた割合に減少させるとともに、位相差がなくなるように正弦関数の周波数を制御する。したがって、周波数制御の際には一旦ピストンの振幅が小さくなるので、周波数の制御により効率が改善されてもピストンの振幅が大きくなってピストンのヘッドがシリンダ内壁端部に衝突することがない。

【0082】請求項2に係る発明では、電流指令手段が正弦関数に従って電流指令値を生成し、ピストンの振幅検出値が目標値に一致するように振幅制御手段が正弦関数の振幅を制御し、電源は電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに出力する。そして、周波数制御手段は、電流指令値とピストン速度の位相差が許容値を越えたとき、正弦関数の振幅を予め定められた割合に減少させるとともに、位相差がなくなるように正弦関数の周波数を制御する。したがって、請求項1に係る発明と同じ効果が得られる他、構成の単純化が図られる。

【0083】請求項3に係る発明では、位置指令手段が正弦関数に従ってピストンの位置を指令し、位置検出値が位置指令値に一致するように電流指令手段が電流指令値を生成し、電源は電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに接続する。そして、振幅制御手段は、上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が目標値に一致するように正弦関数の振幅および電流指令値のうちの少なくとも一方を制御する。したがって、ピストンの中立点が原点からずれても、ピストンのヘッドがシリンダ内壁端部に衝突することはない。

【0084】請求項4に係る発明では、電流指令手段が正弦関数に従って電流指令値を生成し、ピストンの振幅検出値が目標値に一致するように振幅制御手段が正弦関数の振幅を制御し、電源は電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに出力する。そして、振幅制御手段は、上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が目標値に一致するように正弦関数の振幅を制御する。したがって、請求項3に係る発明と同じ効果が得られる他、構成の単純化が図られる。

【0085】請求項5に係る発明では、位置指令手段は正弦関数に従ってピストンの位置を指令し、位置検出値が位置指令値に一致するように電流指令手段が電流指令値を生成し、電源は電流指令値に応じた駆動電流をリニアモータに出力する。そして、シフト量制御手段は、ピストンの中立点の原点からのシフト量がなくなるように正弦関数のシフト量を制御する。したがって、ピストンの中立点の原点からのシフト量をなくすることができ、ピストンのヘッドがシリンダ内壁端部に衝突することを防止できる。また、リニアモータが2ピストン型の場合でも、2つのピストンのヘッドクリアランスの双方を同等

【００８６】請求項６に係る発明では、請求項５に係る発明に、上死点側振幅および下死点側振幅を検出する振幅検出手段と、上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が目標値に一致するように正弦関数の振幅および電流指令値のうちの少なくとも一方を制御する振幅制御手段とがさらに設けられる。したがって、請求項３および１に係る発明と同じ効果が得られる。

【0088】請求項8に係る発明では、請求項7に係る発明の振幅検出手段は上死点側振幅および下死点側振幅を検出し、振幅制御手段は上死点側振幅および下死点側振幅のうちのいずれか大きい方が目標値に一致するように正弦関数の振幅を制御する。したがって、請求項4および7に係る発明と同じ効果が得られる。

【図 1】この発明の実施の形態 1 によるリニアコンプレッサの駆動装置の構成を示すブロック図である。

【図3】図1に示した制御装置の主要部の構成を示すブロック図である。

【図5】図4の分図である。

【図7】図6に示した制御装置の動作を示すフローチャートである。

【図 9】この発明の実施の形態 3 によるリニアコンプレッサの駆動装置の制御装置の主要部の構成を示すブロック図である。

【図 11】 図 10 の分図である。

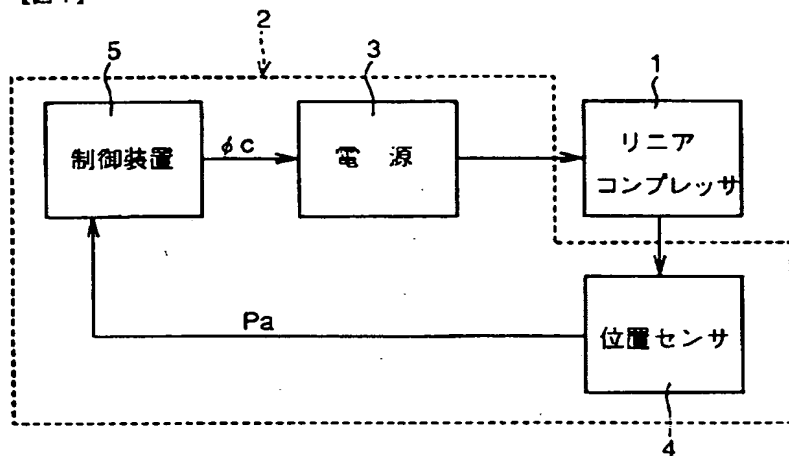
【図 12】図 9 に示したリニアコンプレッサの駆動装置の改良例を示す断面図である。

## 1. 50 リニアコンプレッサ

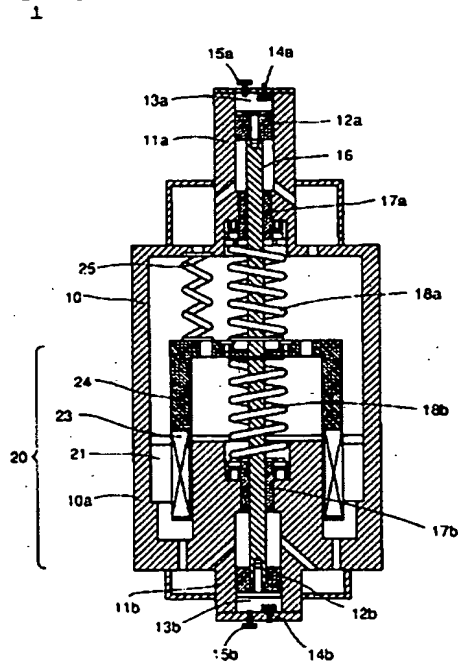
- 
- ```

graph TD
    30[位置指令生成部 30] -- Pref --> 31[位置・速度制限部 31]
    31 -- Vc --> 32[電流指令生成部 32]
    32 -- Iref --> 33[位置・速度検出部 33]
    33 -- Pnow, Vnow --> 31
    33 -- Pnow, Vnow --> 34[上下死点検出部 34]
    34 -- Pnow, Vnow --> 31
    34 -- Pnow, Vnow --> 37[過幅中立位置制限部 37]
    37 -- Ic --> 32
    38[周波数調整部 38] -- I --> 32
    
```

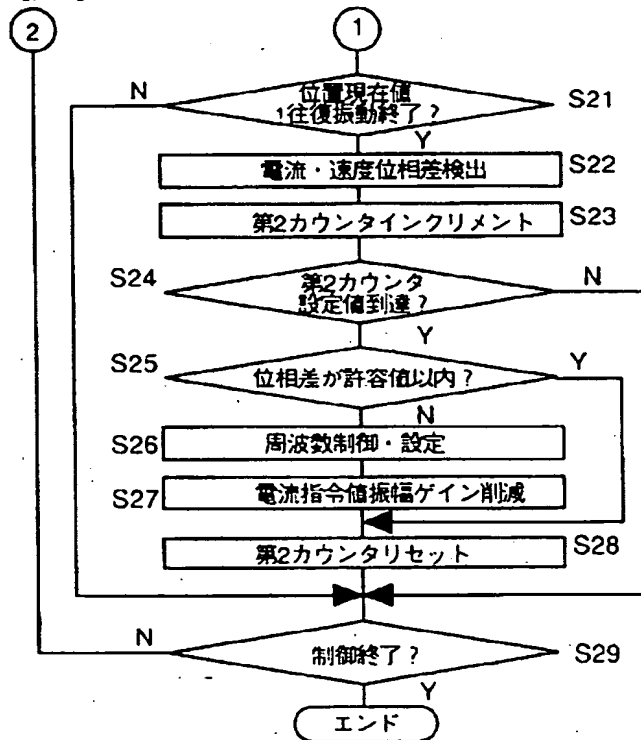
【図1】



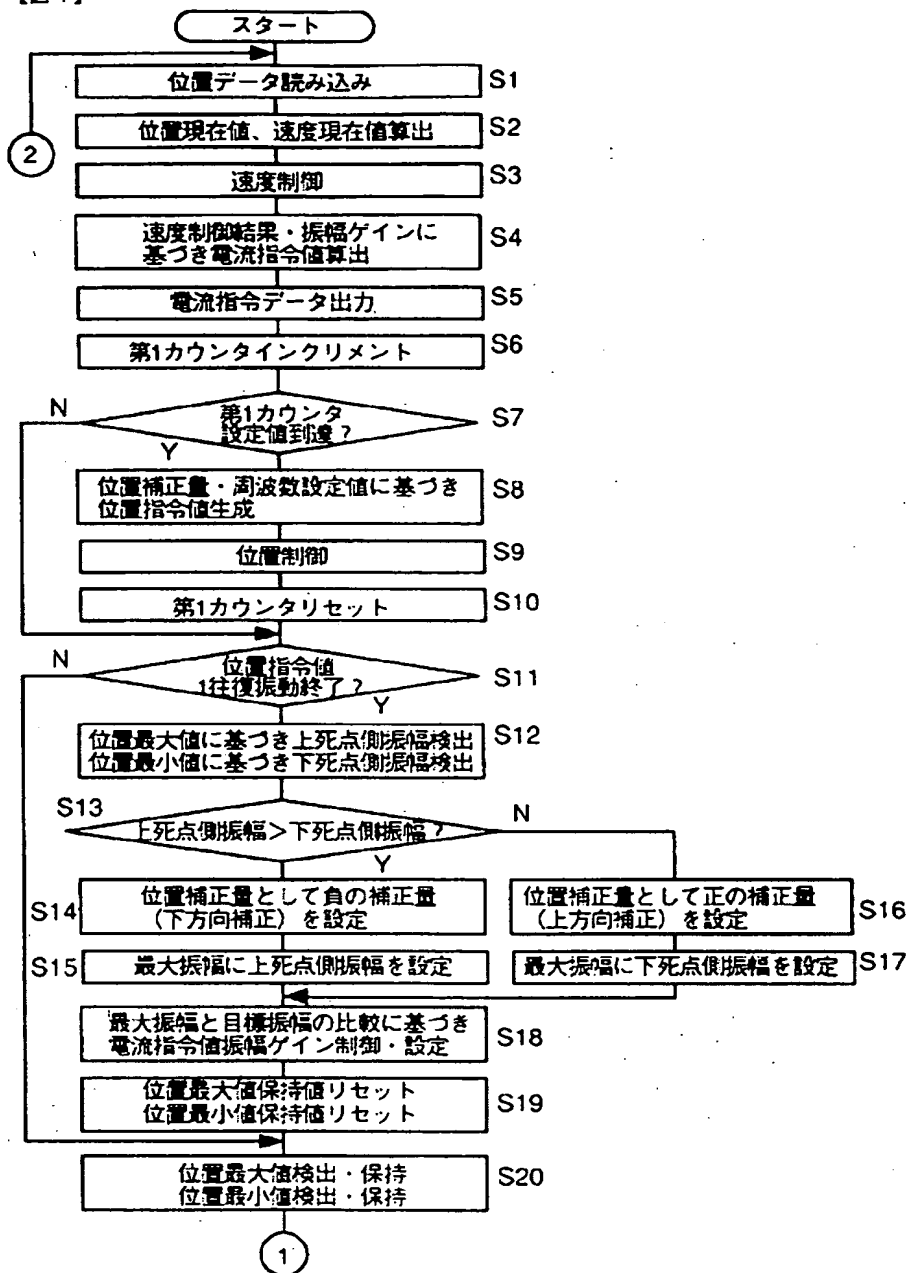
【図2】



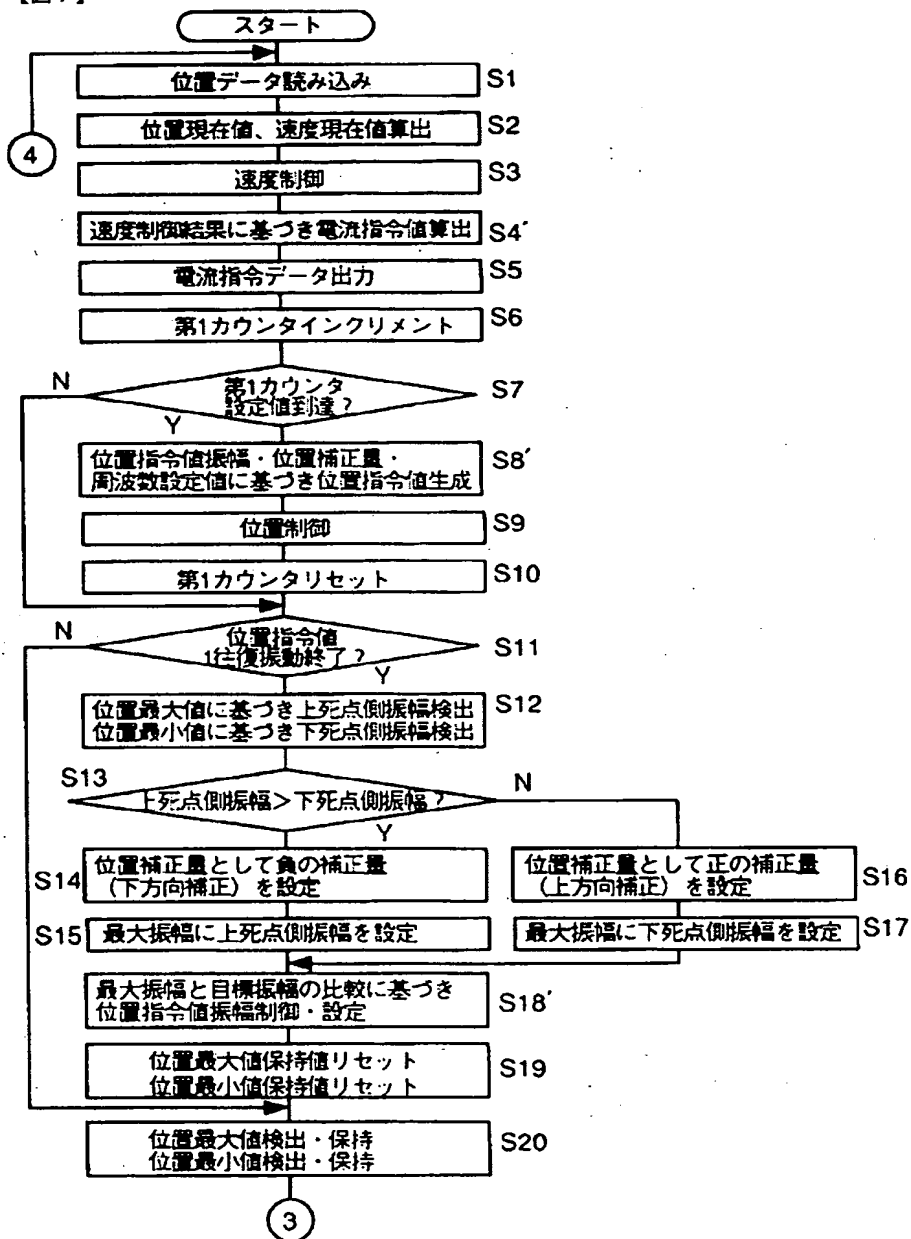
【図5】



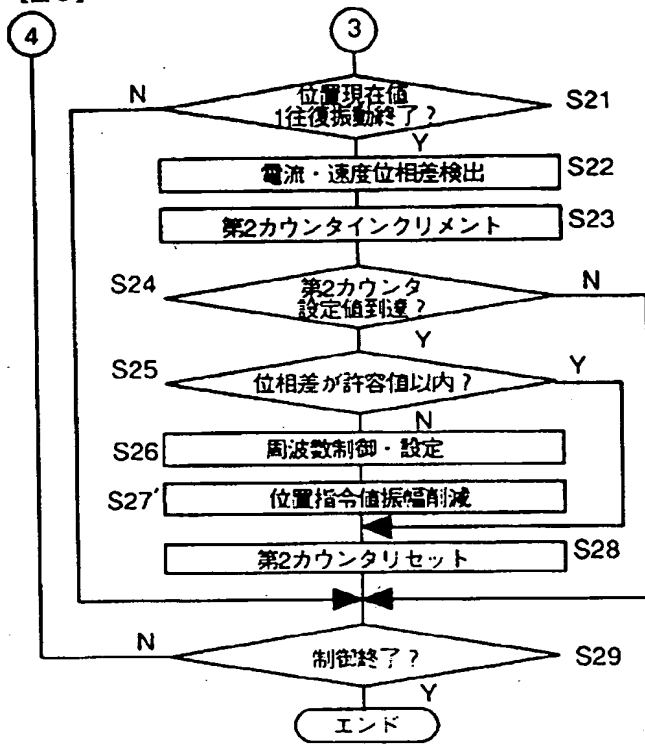
【図4】



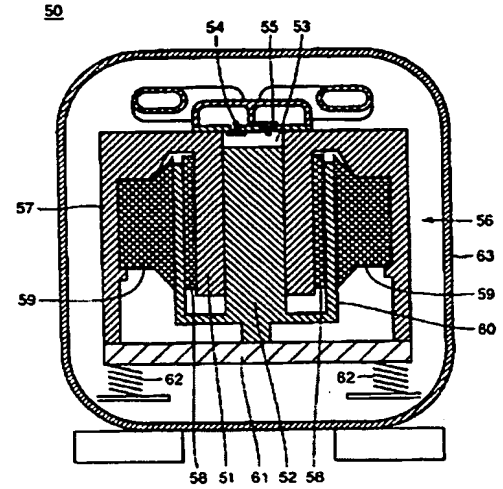
【図7】



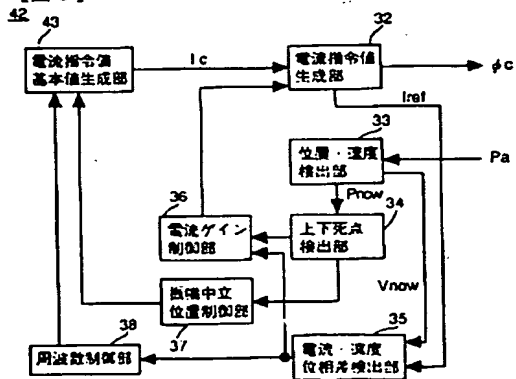
【図8】



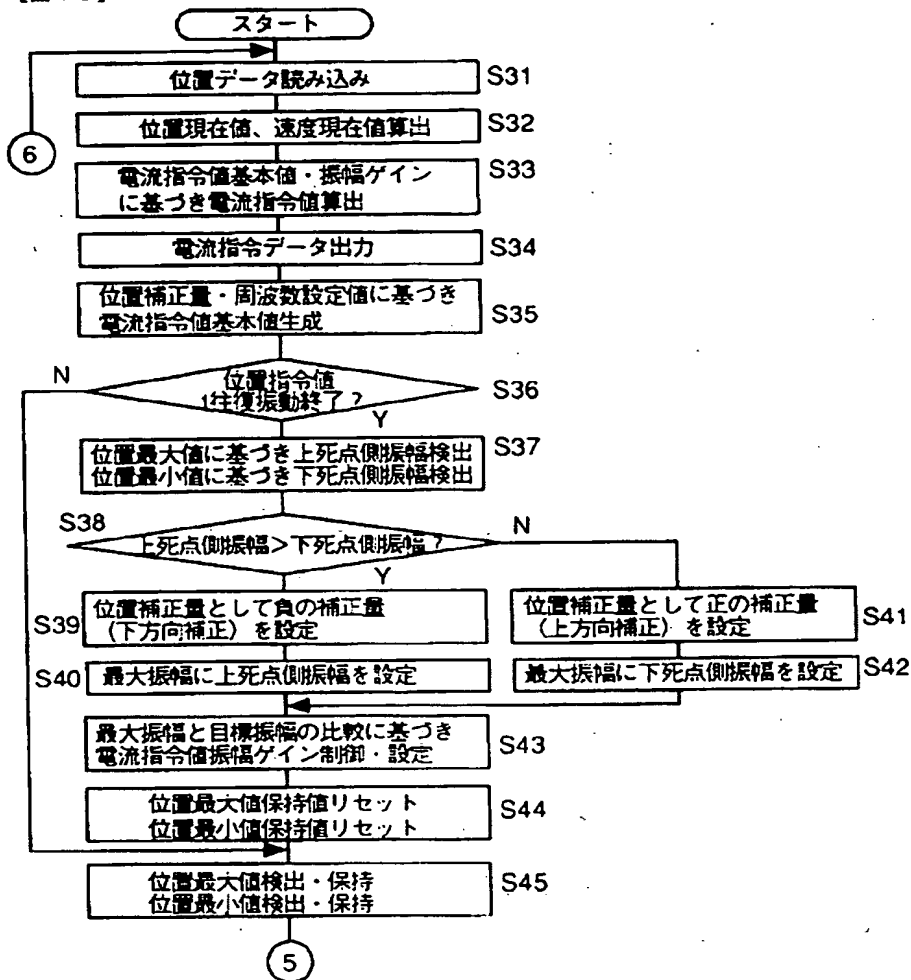
【図12】



【図9】



【図10】





【図11】

